

IDENTIFIKASI DAN ESTIMASI KADAR MINERALISASI URANIUM SECARA KUANTITATIF BERDASARKAN *LOG GROSS-COUNT GAMMA RAY* DI SEKTOR LEMAJUNG, KALIMANTAN BARAT

IDENTIFICATION AND QUANTITATIVE GRADE ESTIMATION OF URANIUM MINERALIZATION BASED ON GROSS-COUNT GAMMA RAY LOG AT LEMAJUNG SECTOR WEST KALIMANTAN

Adi Gunawan Muhammad

Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir – BATAN

Jl. Lebak Bulus Raya No. 9 Pasar Jumat, Jakarta

E-mail: adigm@batan.go.id

Naskah diterima: 6 Oktober 2014, direvisi: 9 Oktober 2014, disetujui: 19 November 2014

ABSTRAK

Sektor Lemajung, merupakan salah satu sektor potensial uranium di daerah Kalan, Kalimantan Barat. Mineralisasi uranium dijumpai pada batuan metalanau dan metapelite sekistosa, dengan arah umum mineralisasi timur-barat miring $\pm 70^\circ$ ke utara sejajar dengan arah foliasinya (S1). Pemboran evaluasi telah dilaksanakan pada tahun 2013 di R-05 (LEML-40), dengan total kedalaman 300 meter dan telah dilakukan *logging* dengan menggunakan *gross-count gamma ray* pada lubang bor tersebut. Tujuan dari kegiatan ini adalah menentukan kadar mineralisasi uranium dalam batuan secara kuantitatif dan mengetahui kondisi geologi di daerah sekitar pemboran. Metodologi penelitian meliputi penentuan nilai k-faktor, pemetaan geologi di sekitar lubang bor, penentuan ketebalan dan estimasi kadar mineralisasi uranium dengan *gross-count gamma ray*. Hasil estimasi kadar uranium dengan menggunakan *log gross-count gamma ray* dapat diketahui bahwa kadar eU_3O_8 pada lubang bor R-05 (LEML-40) tertinggi mencapai $0,7493 \approx 6354$ ppm eU dijumpai pada interval kedalaman 30,10 – 34,96 m. Mineralisasi uranium hadir sebagai isian fraktur (urat) atau sebagai isian matrik breksi tektonik pada metalanau dengan ketebalan 0,1 – 2,4 m berasosiasi dengan sulfida (pirit) dan dicirikan dengan rasio U/Th yang tinggi.

Kata kunci: identifikasi, estimasi, kadar mineralisasi U, *log gross-count gamma ray*

ABSTRACT

Lemajung sector, is one of uranium potential sector in Kalan Area, West Kalimantan. Uranium mineralization is found in metasilstone and schistose metapelite rock with general direction of mineralization east - west tilted $\pm 70^\circ$ to the north parallel with schistosity pattern (S1). Drilling evaluation has been implemented in 2013 in Lemajung sector at R-05 (LEML-40) with total depth of 300 meters and has been completely with well-logging by gross-count gamma ray. The purpose of this activity is to determine uranium mineralization grade with quantitatively methode in the rocks and also determine the geological conditions in sorounding of drilling area. The methodology involves determining the value of k-factor,

geological mapping for the surrounding of drill hole, determination of the thickness and grade estimation of uranium mineralization with gross-count gamma ray. Quantitatively from grade estimation of uranium using gross-count gamma ray log can be known that the highest % eU_3O_8 in the hole R-05 (LEML-40) reaches $0.7493 \approx 6354$ ppm eU found at depth interval from 30.1 to 34.96 m. Uranium mineralization is present as fracture filling (vein) or tectonic breccia matrix filling in metasilstone with thickness from 0.10 to 2.40 m associated with sulphide (pyrite) and characterized by high ratio of U/Th.

Keywords: *identification, estimation, grade mineralization U, gross-count gamma ray log*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Daerah penelitian dilatarbelakangi oleh penemuan uranium (U) dengan kadar rata-rata 0,094% eU_3O_8 ^[1] di sektor Lemajung. Mineralisasi U dijumpai berasosiasi dengan metalanau dan metapelit sekistosan, dengan arah umum mineralisasi timur - barat miring $\pm 70^\circ$ ke utara sejajar dengan bidang foliasinya (S1)^[2]. Pemboran evaluasi telah dilaksanakan pada tahun 2013 di R-05 (LEML-40), dengan total kedalaman 300 meter^[3] dan telah dilakukan *logging* dengan menggunakan *gross-count gamma ray* pada lubang bor tersebut. Guna meningkatkan status sumber daya U di Sektor Lemajung, maka informasi tentang kualitas, dalam hal ini konsentrasi atau kadar U dalam batuan dan kondisi geologinya mutlak diperlukan sehingga hal inilah yang menjadi latar belakang dilakukannya studi ini dengan tujuan menentukan kadar mineralisasi U dalam batuan secara kuantitatif dan mengetahui kondisi geologi di daerah sekitar pemboran.

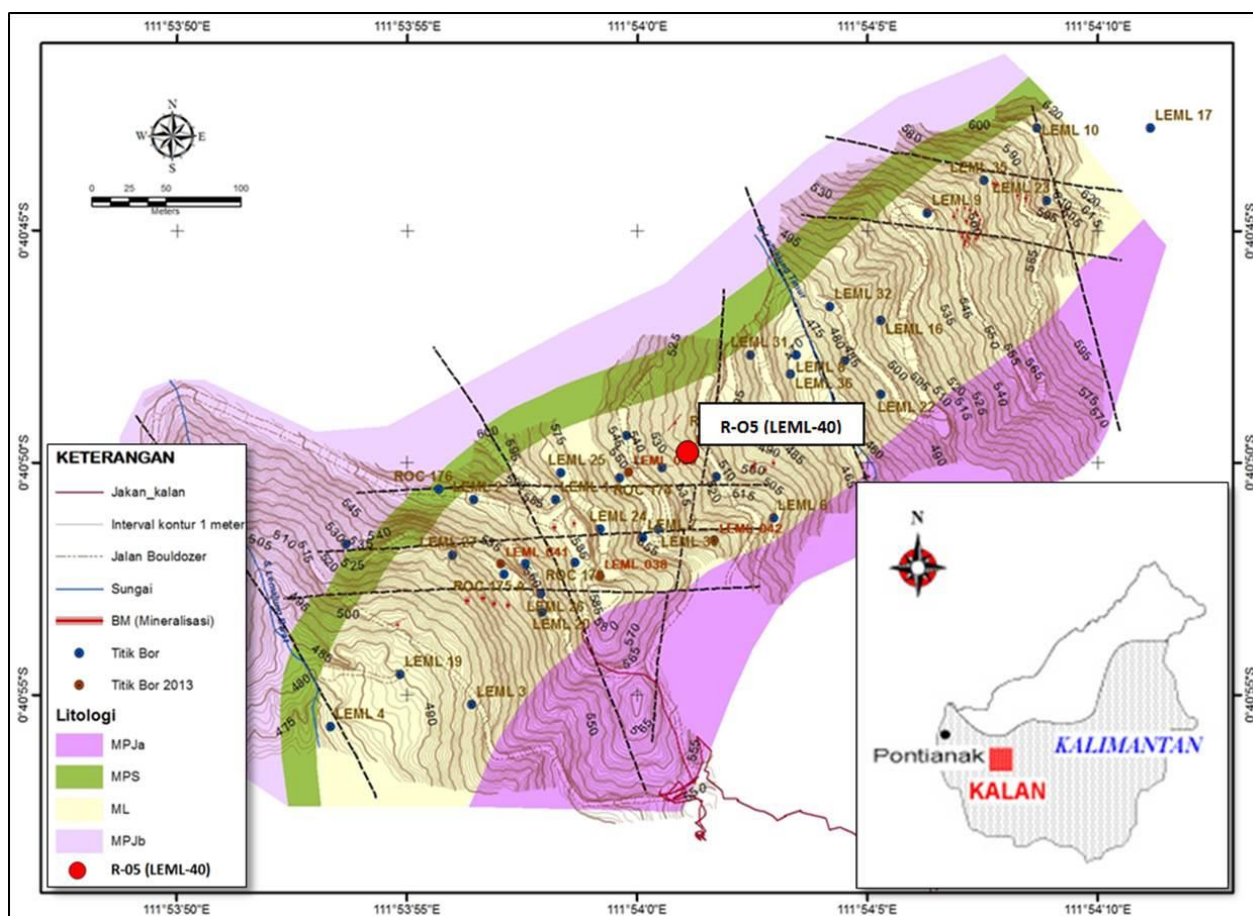
Gross-count gamma ray logging pada eksplorasi U merupakan metode kuantitatif yang sederhana dan relatif cepat dalam menemukan dan mengevaluasi mineralisasi U. Sistem *gross-count gamma ray logging* memanfaatkan karakter U yang spesifik, sehingga dapat digunakan dalam mengidentifikasi keberadaan U yang ada

dalam suatu batuan. *Gross-count gamma ray logging* memanfaatkan radioaktivitas U dan produk peluruhannya. Uranium sendiri tidak memancarkan sinar gamma, U meluruh dengan memancarkan partikel *alpha*. Produk turunan U adalah sumber sinar gamma. Di antara produk turunannya, ^{214}Bi dan ^{214}Pb berkontribusi besar terhadap sinar gamma yang tercatat oleh sistem *gross-count gamma ray logging*. Berdasarkan hal tersebut maka harus diasumsikan bahwa seri peluruhan radioaktif dalam kondisi setimbang^[4] sehingga ada korelasi langsung antara kelimpahan produk turunan hasil peluruhan dengan material induknya (^{238}U). Selain itu, harus juga diasumsikan bahwa unsur radioaktif lainnya seperti thorium (Th) dan potassium (K) tidak berkontribusi secara signifikan terhadap laju pencacahan.

KONSEP-KONSEP DASAR

Equilibrium

Seri peluruhan radioaktif dalam kondisi setimbang terjadi ketika jumlah atom masing-masing produk peluruhan yang dihasilkan sebanding terhadap jumlah atom produk peluruhan yang hilang oleh peluruhan radioaktif. Ketika kondisi ini terjadi maka dimungkinkan untuk menentukan kelimpahan material induk suatu seri peluruhan dengan mengukur radiasi yang dipancarkan dari unsur produk peluruhan. Teknik *logging*



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

gamma ray diasumsikan bahwa terjadi kondisi setimbang, sampai ada informasi tambahan.

Logging gross/total-count gamma ray

Gross-count gamma ray adalah salah satu jenis log sinar gamma yang digunakan secara luas di dalam menemukan dan mengevaluasi mineralisasi U. Pengukuran *logging* memanfaatkan radioaktivitas U dan produk peluruhannya. Walau demikian U sendiri tidak memancarkan sinar gamma, peluruhannya dengan memancarkan partikel *alpha*. Produk peluruhan U merupakan sumber sinar gamma. Di antara produk luruhannya, ^{214}Pb dan ^{214}Bi berkontribusi besar terhadap sinar gamma yang terekam oleh sistem *gross-count gamma ray logging*.

Prinsip dasar *gross-count gamma ray logging* adalah^[5]:

$$G_{\gamma} \cdot T = k \cdot A \quad (1)$$

Simbol “A” mencerminkan luas area terkoreksi dalam kurva log *gamma* dalam satuan *cps-m*. G_{γ} adalah rata-rata ekuivalen radiometri kadar U dalam suatu zona mineralisasi dengan panjang “T” sepanjang lubang bor. K (k-faktor), ditentukan oleh kalibrasi alat dan merupakan satuan ekuivalen kadar U/jumlah sinar gamma yang tercacah per satuan waktu (% $\text{eU}_3\text{O}_8/\text{cps}$). Ekuivalen kadar U (% eU_3O_8 atau eU) dihitung dari pengukuran aktivitas sinar gamma. Huruf “e” mengindikasikan bahwa satuan ini berasosiasi dengan suatu pengukuran aktivitas sinar gamma produk peluruhan U^[4]. Aktivitas produk peluruhan yang diukur ekuivalen

dengan konsentrasi material U dengan asumsi U dalam kondisi setimbang. Selain asumsi radioaktif setimbang, harus juga diasumsikan bahwa unsur radioaktif lainnya seperti Th dan K tidak berkontribusi secara signifikan terhadap laju pencacahan^[4].

Unit pengukuran

Unit pengukuran dasar dalam *gross-count gamma ray logging* adalah *count rate* (laju cacah), yaitu jumlah sinar gamma yang tercacah per unit waktu (*cps, count/second*). Berbeda dengan satuan unit yang biasa digunakan dalam dunia perminyakan, gas ataupun batubara yang menggunakan sinar gamma dengan satuan unit API^[6]. Dengan asumsi kalibrasi API tepat dan pengukuran aktivitas hanya berasal dari seri uranium dalam kondisi *equilibrium*, maka 1 API unit $\approx 2 \times 10^{-5} \% \text{eU}_3\text{O}_8$ atau $1 \text{ API} \approx 0,17 \text{ ppm eU}$ ^[4] sehingga log sinar gamma jenis ini tidak cocok digunakan pada kondisi dengan tingkat radiasi lebih besar 5 kali dari level *shale* dan di desain untuk mendeteksi level rendah^[7].

METODOLOGI

Penentuan Nilai K-Faktor

Nilai k-faktor dapat ditentukan, dari hasil kalibrasi dalam suatu model atau lubang bor standar yang telah diketahui faktor koreksinya. Prosedur kalibrasi terdiri atas pengukuran radiometri (*cps*) dengan suatu instrument tertentu, di bawah kondisi standar yang telah diketahui, dalam suatu model atau lubang bor yang sesuai, yang memiliki produk *grade-thickness* (GT) yang telah diketahui. Area ditentukan dari respon log

dan dapat digunakan untuk menentukan k-faktor.

$$k = Gy.T/A \dots\dots\dots (2)$$

K adalah unit $\% \text{eU}_3\text{O}_8/\text{cps}$ atau $\text{ppm eU}/\text{cps}$, *Gy* rata-rata tingkat radiometri dan *A* adalah area yang ditentukan dari respon *log gross-count gamma ray*.

Pemetaan Geologi di Sekitar Lubang Bor

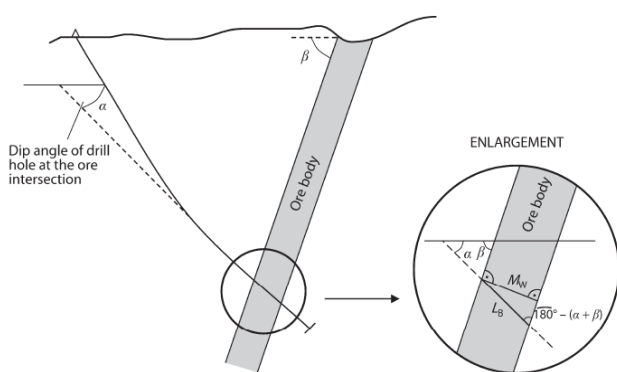
Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi geologi berdasarkan pada data permukaan di lapangan, terutama tentang batuan (jenis, susunan mineral dan sebaran), struktur geologi (perlapisan (S0), foliasi (S1), retakan, patahan).

Penentuan ketebalan

Dalam suatu pemboran jika dilakukan tegak lurus dengan bidang mineralisasi maka tebal mineralisasi pada lubang bor merupakan tebal mineralisasi sebenarnya. Namun demikian karena pertimbangan tertentu maka pemboran seringkali dilakukan tidak tegak lurus terhadap bidang mineralisasi sehingga ketebalan yang didapatkan pada lubang bor merupakan ketebalan semu, sehingga diperlukan suatu koreksi terhadap tebal semu tersebut sehingga didapatkan tebal sebenarnya^[8].

Gambar 2 menjelaskan bagaimana suatu *true thickness* atau ketebalan sebenarnya dapat dihitung secara grafik. Jika panjang pemboran adalah L_b , maka ketebalan sebenarnya (M_w) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3).

$$M_w = L_B \times \sin [180 - (\alpha + \beta)] = L_B \times \sin (\alpha + \beta) \dots\dots\dots (3)$$



Gambar 2. Penampang vertikal untuk menghitung tebal sebenarnya pada suatu perpotongan lubang bor dengan bidang mineralisasi^[8].

Ketebalan bidang mineralisasi umumnya ditentukan dengan bantuan titik setengah amplitudo yaitu saat pengukuran mencapai setengah nilai dari defleksi kurva log sinar gamma (nilai maksimum)^[8]. Pada Gambar 3, defleksi pertama terjadi pada interval kedalaman 125,4 m dengan nilai anomali 1760 cps. Konsekuensinya nilai titik setengah amplitudonya adalah 880 cps. Pada *peak* anomali bagian bawah atau defleksi kedua terjadi pada kedalaman 126,25 m dengan nilai 2440 cps, sehingga nilai titik setengah amplitudo ke-2 adalah 1220 cps. Dua nilai setengah-amplitudo telah ditandai pada kurva log, sehingga kedalaman dapat ditentukan. Pada Gambar 3, dua nilai setengah amplitudo terjadi pada kedalaman 125,29 m (batas atas mineralisasi) dan 126,4 m (batas bawah mineralisasi) sehingga dalam kasus ini, ketebalan mineralisasinya diinterpretasikan 1,1 m.

Estimasi Kadar Mineralisasi U dengan Gross-Count Gamma Ray

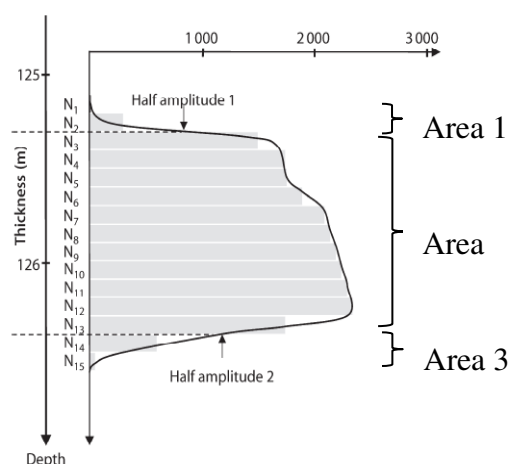
Kadar U umumnya dinyatakan dalam %U₃O₈. Kadar ditentukan dengan menggunakan prinsip dasar untuk *logging gross-count gamma-ray* yaitu $G_\gamma \cdot T = k \cdot A$. Secara prinsip, mengacu buku pedoman IAEA 1982, ada 2 metode yang umum

digunakan untuk menentukan akumulasi $G_\gamma \times T$ faktor, yang berbeda dalam memperlakukan area anomali diluar kedua titik setengah amplitudo, yaitu:

- metode *total area*
- metode *tail-factor*

Untuk membandingkan 2 metode ini, dapat dilihat pada Gambar 3, area anomali dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

- Area 1 merupakan area akhir ekor anomali di atas setengah amplitudo 1, daerah antara N1 dan N2
- Area 2 adalah bagian tengah anomali, daerah antara dua titik setengah amplitudo 1 dan 2
- Area 3 merupakan area akhir ekor anomali dibawah titik setengah amplitudo 2, daerah antara N14 dan N15



Gambar 3. Respon log sinar gamma terhadap uranium dari suatu pemboran eksplorasi^[8].

a. Metode *total area*

Metode *total area* membagi daerah anomali menjadi tiga area, yaitu dua area akhir-ekor anomali (area 1 dan 3) dan daerah pusat anomali (area 2)^[8], yang diperlakukan dengan cara yang sama. Apabila nilai cps yang terbaca dalam log adalah n, dan N adalah nilai terkoreksi^[4], maka:

$$N = n / (1 - \tau) \dots \dots \dots (4)$$

N: nilai pengukuran terkoreksi (*cps*)
 τ : *death time*

Luas area anomali dihitung dengan menjumlah nilai *cps* terkoreksi, pada setiap interval mulai dari latar bagian atas (N1) sampai dengan latar bagian bawah (N15) dan mengkalikannya dengan interval yang digunakan^[4].

$$\text{Area (A)} = \sum (N1 \times \text{Interval}) + (N2 \times \text{interval}) + \dots + (Nn \times \text{interval}) \text{ cps-meter}$$

Atau

$$\text{Area (A)} = ((\sum N) \times \text{Interval}) \text{ cps-meter} \dots (5)$$

Luas area merupakan hasil penjumlahan perkalian nilai *cps* terkoreksi dengan interval masing-masing ruas (N1 sampai N15), pada contoh diatas memiliki satuan *cps-meter*.

b. Metode *tail-factor*

Metode *tail-factor*, area akhir bagian ekor anomali dipakai sebagai dasar perhitungan dengan mengalikan jumlah dari nilai dua titik (E1+E2) setelah terkoreksi, dengan suatu *tail-factorempiris* yang sebanding dengan interval yang digunakan^[7]. E1 merupakan titik setengah amplitudo pada bagian atas yang merupakan batas atas anomali dan E2 merupakan nilai pada atau interval pertama di bawah batas anomali bagian bawah (setengah amplitudo bagian bawah). Nilai *tail-factor* akan berbeda-beda, tergantung dari interval yang digunakan. Jika interval yang dipergunakan adalah 0,15 m, maka *tail-factor* (F_t)-nya adalah 1,38. Nilai *tail-factor* dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$F_t = 1,38 \frac{i}{0,5} \dots (6)$$

Keterangan:

i = interval yang digunakan (misalnya 10 cm, 15 cm)

Apabila nilai *cps* yang terbaca dalam log adalah n, dan N adalah nilai terkoreksi, maka area antara setengah amplitudo bagian atas (E1) dan bawah dapat dihitung dengan rumus seperti dalam metode *total area* dan area bagian ekor anomali dapat dihitung dengan menggunakan rumus^[7]:

$$\text{Area (A)}_{\text{ekor anomali}} = \{(E1_{\text{terkoreksi}} + E2_{\text{terkoreksi}}) \times F_t \times \text{interval}\} \text{ cps.meter} \dots (7)$$

Sehingga, total luas area anomali:

$$\text{Area (A)} = \{(\sum E \times F_t \times \text{interval}) + (\sum N \times \text{Interval})\} \text{ cps.meter} \dots (8)$$

Keterangan:

$E1_{\text{terkoreksi}}$: $E1 \times n/(1-n\tau)$

$E2_{\text{terkoreksi}}$: $E2 \times n/(1-n\tau)$

F_t : *tail factor* (untuk interval 0,5 feet nilai *tail factor* = 1,38)

N : nilai pengukuran terkoreksi (*cps*)

τ : *death time*

Metode *tail-factor* sangat akurat di dalam menentukan ekuivalen kadar mineralisasi U dari data mentah log sinar gamma^[9]. Metode *tail-factor* akan mengakibatkan suatu kesalahan ketika digunakan untuk zona mineralisasi yang tipis, terutama zona dengan kadar tinggi. Kesalahan disebabkan oleh tipisnya zona mineralisasi dan pemilihan titik E1 sebelum koreksi *deadtime*, sehingga untuk zona mineralisasi yang tipis digunakan metode *total area*^[4]. George dkk. telah melakukan perbandingan antara hasil penentuan kadar secara laboratorium (*gamma-spectroscopy*) dengan penentuan kadar dengan menggunakan log *gross-count gamma ray* terhadap 39 sampel di *US Department of Energy Calibration Facility* di Grand Junction Colorado dan beberapa tempat yang lain diantaranya Casper, Wyoming; Grants, New Mexico;

George West, Texas; Spokane, Washington; Reno, Nevada dan Morgantown, West Virginia^[10]. Penentuan kadar secara laboratorium dilakukan di BFEC Chemistry

Laboratory yang merupakan laboratorium yang telah tersertifikasi *NBL 100A Series Standard* untuk uranium dan *thorium*^[10] (Tabel 1).

Tabel 1. Kesebandingan Antara Hasil Estimasi Kadar Uranium Hasil Analisis Laboratorium dengan Hasil Estimasi Menggunakan *Log Gross-Count Gamma Ray*^[10]

Model	Laboratory Assay Grade		Assigned Grade		Diffe- rence %
	ppm eU	% Uncer- tainty	ppm eU	% Uncer- tainty	
U1	20948	0,4	22355	3,1	6,3
U2	10320	0,5	10424	3,1	1,0
U3	3977	0,7	3830	2,0	-3,8
VF	2502	0,8	2547	1,8	1,8
N3	1963	2,6	1959	1,8	-0,2
A1	257	2,1	258,7	1,4	0,7
A2	654	2,1	673,5	1,5	2,9
A3	1351	2,1	1366	1,5	1,1
D	675	0,8	654,5	1,5	-3,1
U	499	0,6	472,3	1,7	-5,7
BA	188	2,4	187,1	1,4	-0,5
BB	2754	0,7	2737	1,5	-0,6
BH	8737	0,8	9399	2,9	7,0
BL	1013	1,1	1002	1,4	-1,1
BU	575	1,9	564,0	1,6	-2,0
CB A	179	2,0	194,3	1,4	7,9
CB B	2445	0,8	2584	1,5	5,4
CB U	512	0,8	506,3	1,6	-1,1
SB A	194	3,8	183,3	1,4	-5,8
SB B	2716	0,7	2702	1,5	-0,5

Model	Laboratory Assay Grade		Assigned Grade		Diffe- rence %
	ppm eU	% Uncer- tainty	ppm eU	% Uncer- tainty	
SB H	8911	0,6	9367	2,9	4,9
SB L	946	1,3	970	1,4	2,5
SB U	586	2,0	555,7	1,6	-5,5
RB A	191	1,8	188,4	1,4	-1,4
RB B	2836	0,6	2797	1,5	-1,4
RB H	9040	0,4	9428	2,9	4,1
RB L	1039	1,0	999	1,4	-4,0
RB U	577	1,8	561,2	1,6	-2,8
XB A	184	1,7	180,9	1,4	-1,7
XB B	2774	0,7	2704	1,5	-2,6
XB H	8895	0,5	9074	2,9	2,0
XB L	955	0,8	959	1,4	0,4
XB U	589	2,3	547,0	1,6	-7,7
TB A	167	1,3	185,2	1,4	9,8
TB B	2388	1,3	2518	1,5	5,2
TB U	518	1,9	504,6	1,6	-2,7
GB A	189	2,2	194,1	1,4	2,6
GB B	2603	1,1	2641	1,5	1,4
GB U	533	1,8	501,2	1,6	-6,3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Nilai K-Faktor

Seperti metode kuantitatif yang lain, sistem *gross count gamma ray logging* dikalibrasi di bawah kondisi standar, untuk bisa menjadikan metode ini dapat menjadi suatu metode kuantitatif yang akurat. Hasil kalibrasi dalam suatu model atau lubang bor standar yang telah diketahui faktor koreksi geometrinya sebesar 1,03 dengan kadar rata-rata 141,4 ppm eU \approx 0.01667 % eU₃O₈, maka luas A dapat ditentukan dari respon log sebesar 253,86 cps-m. Mengacu rumus dasar untuk logging sinar gamma $Gy.T = k.A$, maka

nilai k-faktor dapat ditentukan sebesar $3,72104 \times 10^{-5} \% \text{ eU}_3\text{O}_8/\text{cps}$.

Geologi lubang bor R-05 (LEML-40)

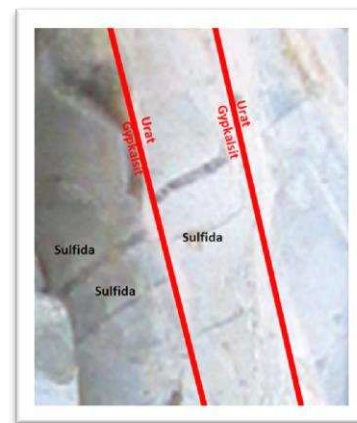
Hasil pemetaan geologi yang dilakukan di sekitar lubang bor dapat diketahui bahwa litologi penyusun di sekitar lubang bor terdiri atas sebaran batuan metalanau dengan sisipan metapelit sekistosan. Metalanau dan batuan metapelit sekistosan yang dijumpai, sebagian besar dalam kondisi lapuk. Metalanau yang dijumpai memiliki warna abu-abu gelap kecoklatan – kemerahan, lepidoblastik,

dominan tersusun atas kuarsa dan feldspar, di beberapa tempat stratifikasi tampak jelas sedangkan metapelit skistosan yang tersingkap memiliki warna abu-abu kecoklatan – coklat kemerahan, struktur foliasi skistosik, tekstur lepidoblastik, dominan tersusun atas material berukuran lempung. Kedudukan S0 yang terukur di sekitar lubang bor berkisar antara N 30° E/40° sampai N 60° E/45° miring relatif SE dan S1, N 256° E/66° sampai N 260° E/65° miring relatif ke N-NNW. Hasil pengukuran S1 dipakai sebagai acuan di dalam menentukan azimuth dan inklinasi pemboran. Anomali radiometri permukaan dijumpai pada bidang-bidang rekahan relatif sejajar dengan S1 dalam batuan metalanau dengan nilai radiometri terukur (SPP2NF) mencapai 500 cps.

Lubang bor R-05 (LEML-40) secara morfologi berada pada daerah perbukitan bergelombang kuat dan terletak pada koordinat X: 600189; Y: 9924778; dan Z: 551 dengan total kedalaman 301,25 m. Secara regional lubang pemboran ini berada pada sebaran satuan batuan metalanau yang secara umum memiliki arah NE – SW miring 50 - 70° ke arah selatan dan bersama batuan metapelit skistosan merupakan batuan induk mineralisasi U yang ada di sektor Lemajung. Di daerah sekitar pemboran terlihat bahwa metalanau ini telah mengalami frakturasi yang cukup intensif dan dari hasil pengukuran elemen tektonik di lokasi sekitar pemboran, maka dapat dikenali 2 famili fraktur, famili 1 adalah fraktur yang memiliki arah relatif W-WSW yang relatif searah dengan arah S1 dan famili 2 adalah fraktur yang memiliki arah N-NNW.

Dari hasil pengamatan inti bor dan hasil *logging* geofisika memperlihatkan bahwa mineralisasi U berkembang intensif di interval 30,1 - 34,96 m; 74,70 – 41,45 m;

43,15 – 60,95 m; 70,90 – 91,20 m; 113 – 123,30 m; 135,45 – 165,70 m; 195,05 – 225,85 m; 242,75 – 246,65 m; 252,75 – 263,95 m dan 281,40 – 295,75 m sebagai isian fraktur (urat) atau sebagai isian matrik breksi tektonik pada metalanau dengan ketebalan 0,1 – 2,4 m dan di beberapa tempat, seperti pada kedalaman 80 – 85 m, 191 – 196 m terlihat bahwa kehadiran mineralisasi U ini terpotong oleh urat-urat kalsit dan gypsum membentuk urat gypkalsit (Gambar 4). Secara umum urat gypkalsit ini memiliki kenampakan warna putih kusam - kemerahan, getas, dan kilap kaca.



Gambar 4. Kenampakan mineralisasi U pada metalanau yang berasosiasi dengan sulfida terpotong oleh urat gypkalsit dikedalaman 193,20 m.


Mineralisasi U hadir berasosiasi dengan sulfida (pirit) dan dari *logging gross count/total gamma-ray* ditunjukkan dengan defleksi kurva gamma ke kanan dengan nilai tertinggi mencapai 12.500 cps (Gambar 5). Dari hasil estimasi kadar mineralisasi U dengan menggunakan *log gross-count gamma ray* maka secara kuantitatif dapat diketahui bahwa nilai kadar eU3O8 (%) tertinggi di lubang bor R-05 (LEML-40) ini mencapai $0,7494 \approx 6354$ ppm eU dijumpai pada interval kedalaman 30,1 – 34,96 m. Hasil pengamatan inti bor pada interval kedalaman ini

menunjukkan bahwa mineralisasi U hadir sebagai isian matrik breksi tektonik pada metalanau berasosiasi dengan sulfida (pirit), turmalin, dan material karbon dengan nilai radiometri mencapai 12.000 cps (SPP2NF). Pada interval ini juga dilakukan pengukuran ppm U dan Th dengan menggunakan XRF, seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 terlihat bahwa *thorium* (Th) kehadirannya tidak banyak, dan bisa

diasumsikan kontribusinya terhadap nilai pembacaan log gamma tidak terlalu signifikan. Mineralisasi U, kehadirannya dicirikan dengan Rasio U/Th yang tinggi dengan % U_3O_8 tertinggi 0,7494 \approx 6354 ppm eU (Tabel 3, 4, dan 5) kurang dari 1 % U maka, tipe mineralisasi U pada pemboran R-05 (LEML-40) ini dapat dikategorikan sebagai tipe mineralisasi U berkadar rendah^[11].

Tabel 2. Hasil Pengukuran ppm U dan Th dengan Menggunakan XRF

DEPTH (m)	LITOLOGI	Ra (SPP2NF) (cps)	XRF (ppm) (U/Th)	PEMERIAN	KETERANGAN
30-35	Metabatulanau	12.500		Metabatulanau, warna abu-abu gelap-cerah, dijumpai zona breksiasi terisi oleh sulfida (pirit) berasosiasi dengan turmalin (bentuk jarum, subhedral, warna hijau muda), & material karbon, Ra 2500 – 12.000 cps dijumpai dikedalaman 30,10 – 32,77 m.	 <p>30 m</p> <p>35 m</p>
				7660/73 30,10 m tebal 6 cm Ra 5000 2803/-;1188/64 30,47 m tebal 4 cm Ra 12.500 12800/-;Bi:286 6474/160; 30,65 m tebal 2 cm Ra 7000 9513/42 18000/274 31,04 m tebal 3 cm Ra 12.500 7231/-;Bi:200 5814/-;3758/- 2065/-;1354/- 31,60 m, Ra 2500 4150/93; 31,93 m Ra 8500 3867/116 2414/-;3377/- 32,10 m Ra 11.000 366/-;258/21 32,50 m Ra 2500 32,77 – 35,00 Zona breksiasi terisi oleh sulfide pirit dengan warna kuning keemasan-kuning keabu-abuan berasosiasi dengan material karbon, Ra 400 – 2500 cps. 32,77 m Ra 750 34,76 m Ra 400 34,97 m Ra 280	

Kenampakan mineralisasi U pada inti batuan interval kedalaman 30,1 – 34,96 m di pemboran R-05 (LEML-40). Mineralisasi U hadir sebagai isian fraktur (urat) atau sebagai isian matrik breksi tektonik pada metabatulanau dengan Ra tertinggi 12.500 cps (SPP2NF)

Identifikasi dan Estimasi Kadar Mineralisasi U Secara Kuantitatif Berdasarkan Log Gross-Count Gamma Ray
di Sektor Lemajung, Kalimantan Barat
Oleh: Adi Gunawan Muhammad.

Tabel 3. Hasil perhitungan % eU308 R-05 (X: 600189; Y: 9924778; Z: 551 TD 301,25 m) kedalaman 12,92 – 138,88 m

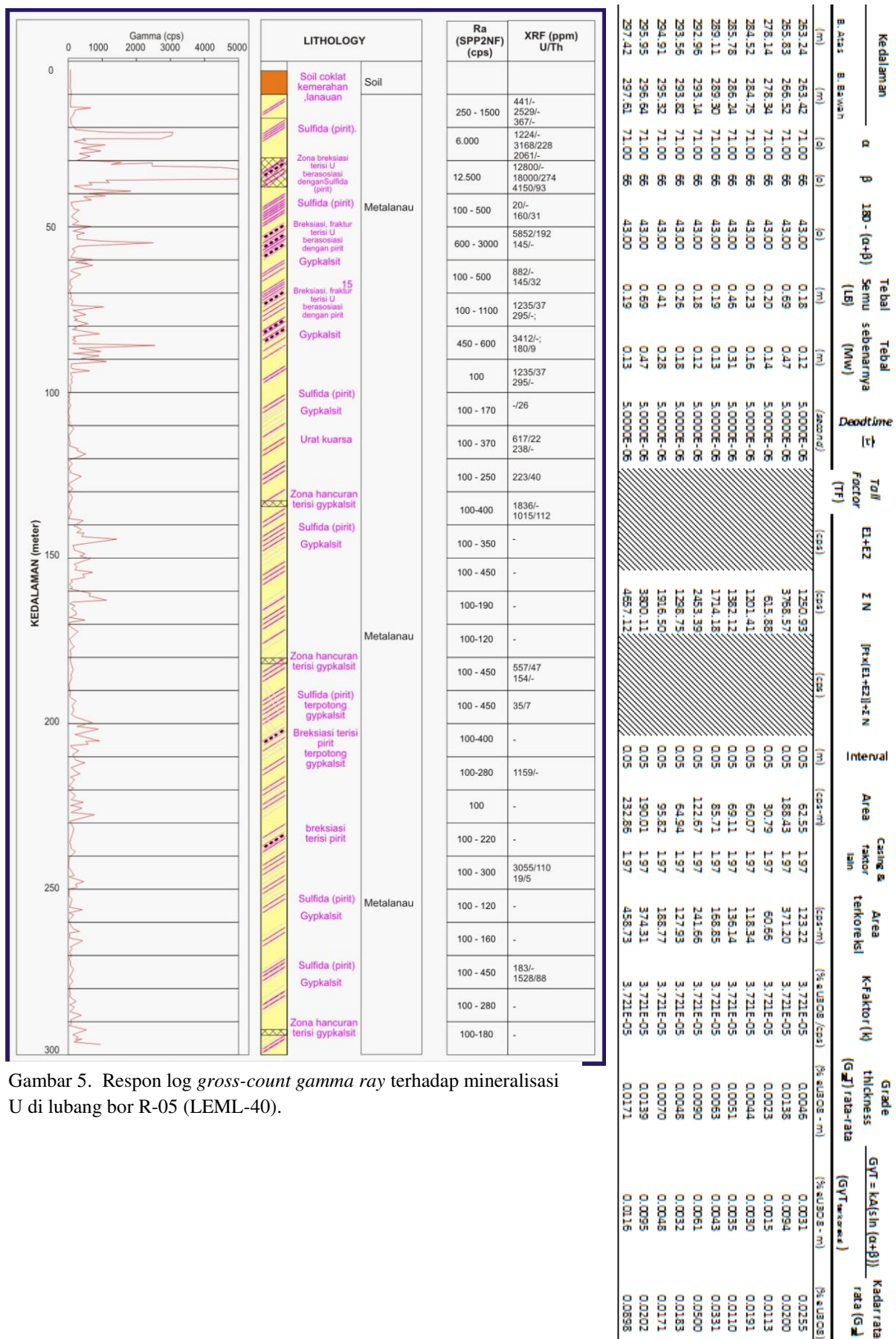
Kedalaman		a			b			180-(a+b)			Tebal	Tebal	Deadtime	Tail Factor	EI+E2	I N	[(EI+E2)-I N	Intensitas	Coring & faktor lain	Area te koreksi	K-Faktor (k)	Grade			Kadar rata-rata
E. Atas	E. Bawah	(m)	(m)	(g)	(g)	(g)	(g)	(m)	(m)	(Mw)	(m)	(second)	(TF)	(g/g)	(g/g)	(g/g)	(g/g)	(m)	(g/cm ² -m)	(g/cm ² -m)	(% g/gES - 50)	(% g/gES - m)	(% g/gES - m)	(% g/gES - m)	(% g/gES)
12.92	13.90	70.00	66	44.00	0.98	0.68	5.0000E-06								1309.03			0.05	654.95	2.56	1676.68	3.721E-05	0.0634	0.0433	0.0637
20.83	22.45	71.00	66	44.00	1.62	1.10	5.0000E-06	0.45	2921.26						2921.26			0.05	212.37	2.56	543.66	3.721E-05	0.0202	0.0138	0.0138
24.51	25.36	70.00	66	44.00	0.85	0.59	5.0000E-06								1842.48			0.05	921.37	2.56	2358.72	3.721E-05	0.0878	0.0610	0.1033
26.70	26.91	71.00	66	43.00	0.21	0.14	5.0000E-06								5037.34			0.05	251.87	2.56	644.78	3.721E-05	0.0240	0.0164	0.1143
27.76	28.78	71.00	66	43.00	1.02	0.70	5.0000E-06								11225.45			0.05	561.27	2.56	1436.86	3.721E-05	0.0335	0.0265	0.0524
29.38	30.86	71.00	66	43.00	1.48	1.01	5.0000E-06	0.45	1939.69						43609.43			0.05	2224.50	2.56	5684.71	3.721E-05	0.2119	0.1445	0.1432
31.32	34.96	71.00	66	43.00	3.64	2.48	5.0000E-06	0.45	5742.55						570097.90			0.05	28635.24	2.56	73306.20	3.721E-05	2.7278	1.8609	0.7494
38.47	39.79	71.00	66	43.00	1.32	0.90	5.0000E-06	0.45	1501.02						27585.84			0.05	1413.36	2.56	3618.20	3.721E-05	0.1346	0.0918	0.1020
39.96	40.80	71.00	66	43.00	0.84	0.57	5.0000E-06								11173.85			0.05	558.69	2.56	1430.25	3.721E-05	0.0532	0.0363	0.0634
49.51	49.81	71.00	66	43.00	0.30	0.20	5.0000E-06								4922.08			0.05	246.10	2.56	630.03	3.721E-05	0.0234	0.0160	0.0781
54.47	54.77	71.00	66	43.00	0.30	0.20	5.0000E-06								19643.65			0.05	982.18	2.56	2514.39	3.721E-05	0.0936	0.0638	0.3119
59.24	59.76	71.00	66	43.00	0.52	0.35	5.0000E-06								5986.60			0.05	299.33	2.56	766.28	3.721E-05	0.0285	0.0194	0.0548
60.43	60.78	71.00	66	43.00	0.35	0.24	5.0000E-06								3789.21			0.05	189.46	2.56	485.02	3.721E-05	0.0180	0.0123	0.0516
61.11	61.41	71.00	66	43.00	0.30	0.20	5.0000E-06								4518.05			0.05	225.90	2.56	578.31	3.721E-05	0.0215	0.0147	0.0717
61.60	61.90	71.00	66	43.00	0.30	0.20	5.0000E-06								3329.49			0.05	166.47	2.56	426.17	3.721E-05	0.0159	0.0108	0.0529
63.55	63.77	71.00	66	43.00	0.22	0.15	5.0000E-06								2054.24			0.05	102.71	2.56	262.94	3.721E-05	0.0088	0.0067	0.0445
73.53	74.03	71.00	66	43.00	0.50	0.34	5.0000E-06								5268.42			0.05	263.42	2.56	674.36	3.721E-05	0.0251	0.0171	0.0502
75.15	75.53	71.00	66	43.00	0.38	0.26	5.0000E-06								2828.10			0.05	141.40	2.56	362.00	3.721E-05	0.0135	0.0092	0.0354
75.77	75.99	71.00	66	43.00	0.22	0.15	5.0000E-06								2778.59			0.05	138.93	2.56	355.66	3.721E-05	0.0132	0.0090	0.0602
76.86	77.54	71.00	66	43.00	0.68	0.46	5.0000E-06								3461.48			0.05	173.07	2.56	448.07	3.721E-05	0.0165	0.0112	0.0242
78.48	78.86	71.00	66	43.00	0.38	0.26	5.0000E-06								4640.66			0.05	232.03	2.56	594.00	3.721E-05	0.0221	0.0151	0.0582
80.26	80.46	71.00	66	43.00	0.20	0.14	5.0000E-06								1195.50			0.05	59.78	2.56	153.02	3.721E-05	0.0057	0.0039	0.0285
81.21	81.91	71.00	66	43.00	0.70	0.48	5.0000E-06								7602.15			0.05	380.11	2.56	973.08	3.721E-05	0.0362	0.0247	0.0517
85.02	85.43	71.00	66	43.00	0.41	0.28	5.0000E-06								26403.72			0.05	130.19	2.56	379.68	3.721E-05	0.0128	0.0088	0.3067
86.62	87.10	71.00	66	43.00	0.48	0.33	5.0000E-06								9926.79			0.05	496.34	2.56	1270.63	3.721E-05	0.0478	0.0322	0.0985
88.39	88.65	71.00	66	43.00	0.26	0.18	5.0000E-06								5497.71			0.05	274.89	2.56	703.71	3.721E-05	0.0262	0.0179	0.1007
89.50	90.30	71.00	66	43.00	0.80	0.55	5.0000E-06								9904.49			0.05	495.22	2.56	1367.77	3.721E-05	0.0472	0.0322	0.0590
92.80	93.11	71.00	66	43.00	0.31	0.21	5.0000E-06								4214.25			0.05	210.71	2.56	539.42	3.721E-05	0.0201	0.0137	0.0647
93.47	93.68	71.00	66	43.00	0.21	0.14	5.0000E-06								1024.66			0.05	51.23	2.56	131.16	3.721E-05	0.0048	0.0033	0.0232
117.45	117.88	71.00	66	43.00	0.43	0.29	5.0000E-06								3491.16			0.05	174.56	2.56	446.87	3.721E-05	0.0166	0.0113	0.0387
118.16	118.92	71.00	66	43.00	0.76	0.52	5.0000E-06								5397.94			0.05	269.90	2.56	690.94	3.721E-05	0.0257	0.0175	0.0338
124.31	124.58	71.00	66	43.00	0.27	0.18	5.0000E-06								1895.34			0.05	94.77	2.56	242.60	3.721E-05	0.0090	0.0062	0.0334
125.06	125.25	71.00	66	43.00	0.19	0.13	5.0000E-06								1494.20			0.05	74.71	2.56	191.26	3.721E-05	0.0071	0.0049	0.0375
128.56	129.16	71.00	66	43.00	0.60	0.41	5.0000E-06								1295.57			0.05	64.78	1.97	127.61	3.721E-05	0.0047	0.0032	0.0079
138.35	138.88	71.00	66	43.00	0.53	0.36	5.0000E-06								3537.38			0.05	177.87	1.97	350.40	3.721E-05	0.0130	0.0089	0.0246

Tabel 4. Hasil perhitungan % eU308 R05 (X: 600189; Y: 9924778; Z: 551 TD 301,25 m) kedalaman 140,63 – 256,82 m

Kedalaman		α	β	180 - ($\alpha + \beta$)	Tebal sebenarnya (LB)	Tebal sebenarnya (Mw)	Load factor (TF)	E1+E2	I N	$ P_{15}(E1+E2) \pm Z N$	Area terkoreksi	K-Faktor (K)	Grade thickness (G ₁) rata-rata	G ₁ T = kA(sin($\alpha + \beta$)) (G ₁ T _{terorasi})	Kadarrata- rata (G ₁)
B. Atas	B. Bawah	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
140.63	141.67	71.00	66	43.00	1.04	0.71	5.0000E-06	0.45	5062.98	5117.46	260.87	1.97	0.0191	0.0190	0.0184
142.42	142.66	71.00	66	43.00	0.24	0.16	5.0000E-06		2407.17		120.36	1.97	0.0088	0.0088	0.0080
143.67	144.09	71.00	66	43.00	0.42	0.29	5.0000E-06		12451.09		622.55	1.97	0.0456	0.0456	0.0311
148.59	149.07	71.00	66	43.00	0.48	0.33	5.0000E-06		4388.42		219.42	1.97	0.0161	0.0161	0.0335
150.23	150.90	71.00	66	43.00	0.67	0.46	5.0000E-06		5426.88		271.34	1.97	0.0199	0.0199	0.0397
154.58	155.16	71.00	66	43.00	0.58	0.40	5.0000E-06		7205.06		360.25	1.97	0.0264	0.0264	0.0455
160.34	160.49	71.00	66	43.00	0.15	0.10	5.0000E-06		783.07		39.15	1.97	0.0029	0.0029	0.0191
161.27	161.48	71.00	66	43.00	0.21	0.14	5.0000E-06		3256.30		162.82	1.97	0.0119	0.0119	0.0081
162.21	162.77	71.00	66	43.00	0.56	0.38	5.0000E-06		10621.63		531.08	1.97	0.0389	0.0389	0.0266
168.36	168.54	71.00	66	43.00	0.18	0.12	5.0000E-06		2345.11		117.26	1.97	0.0086	0.0086	0.0478
172.24	172.57	71.00	66	43.00	0.33	0.23	5.0000E-06		1940.83		97.04	1.97	0.0071	0.0071	0.0216
176.68	176.96	71.00	66	43.00	0.28	0.19	5.0000E-06		972.17		48.61	1.97	0.0036	0.0036	0.0127
198.21	198.48	71.00	66	43.00	0.22	0.15	5.0000E-06		1144.43		57.22	1.97	0.0042	0.0042	0.0191
199.07	199.67	71.00	66	43.00	0.60	0.41	5.0000E-06		2315.28		115.76	1.97	0.0085	0.0085	0.0141
200.07	200.50	71.00	66	43.00	0.43	0.29	5.0000E-06		4305.24		215.26	1.97	0.0158	0.0158	0.0367
201.42	201.79	71.00	66	43.00	0.37	0.25	5.0000E-06		6196.89		309.34	1.97	0.0227	0.0227	0.0613
202.23	202.79	71.00	66	43.00	0.56	0.38	5.0000E-06		7200.49		360.02	1.97	0.0264	0.0264	0.0471
203.24	203.51	71.00	66	43.00	0.27	0.18	5.0000E-06		1255.94		62.80	1.97	0.0046	0.0046	0.0170
204.75	204.94	71.00	66	43.00	0.19	0.13	5.0000E-06		4030.84		201.54	1.97	0.0148	0.0148	0.0778
205.32	205.54	71.00	66	43.00	0.22	0.15	5.0000E-06		4570.13		228.51	1.97	0.0168	0.0168	0.0761
205.84	206.08	71.00	66	43.00	0.24	0.16	5.0000E-06		3131.19		156.56	1.97	0.0115	0.0115	0.0478
207.80	208.34	71.00	66	43.00	0.54	0.37	5.0000E-06		2588.58		129.43	1.97	0.0095	0.0095	0.0176
208.73	209.18	71.00	66	43.00	0.45	0.31	5.0000E-06		3205.42		110.27	1.97	0.0081	0.0081	0.0180
209.72	209.91	71.00	66	43.00	0.19	0.13	5.0000E-06		548.50		27.43	1.97	0.0020	0.0020	0.0106
210.59	210.89	71.00	66	43.00	0.30	0.20	5.0000E-06		1215.45		60.77	1.97	0.0045	0.0045	0.0148
211.71	212.14	71.00	66	43.00	0.43	0.29	5.0000E-06		4172.25		208.61	1.97	0.0153	0.0153	0.0356
212.41	212.74	71.00	66	43.00	0.33	0.23	5.0000E-06		1895.07		94.75	1.97	0.0069	0.0069	0.0210
215.43	215.68	71.00	66	43.00	0.25	0.17	5.0000E-06		2004.64		100.23	1.97	0.0073	0.0073	0.0294
221.61	222.06	71.00	66	43.00	0.45	0.31	5.0000E-06		1949.76		97.49	1.97	0.0071	0.0071	0.0159
224.02	224.21	71.00	66	43.00	0.19	0.13	5.0000E-06		2049.88		100.99	1.97	0.0074	0.0074	0.0390
225.60	225.78	71.00	66	43.00	0.18	0.12	5.0000E-06		1610.16		80.51	1.97	0.0059	0.0059	0.0328
225.94	226.20	71.00	66	43.00	0.26	0.18	5.0000E-06		1410.76		70.54	1.97	0.0052	0.0052	0.0199
227.70	227.99	71.00	66	43.00	0.23	0.16	5.0000E-06		3912.10		195.61	1.97	0.0143	0.0143	0.0623
228.38	228.65	71.00	66	43.00	0.27	0.18	5.0000E-06		2708.79		135.44	1.97	0.0099	0.0099	0.0368
232.04	232.33	71.00	66	43.00	0.29	0.20	5.0000E-06		825.39		41.27	1.97	0.0030	0.0030	0.0104
238.61	238.87	71.00	66	43.00	0.26	0.18	5.0000E-06		1484.75		71.74	1.97	0.0053	0.0053	0.0202
246.41	246.61	71.00	66	43.00	0.20	0.14	5.0000E-06		752.71		37.64	1.97	0.0028	0.0028	0.0138
248.06	248.25	71.00	66	43.00	0.19	0.13	5.0000E-06		2410.84		120.54	1.97	0.0088	0.0088	0.0465
249.17	249.36	71.00	66	43.00	0.21	0.14	5.0000E-06		1099.33		54.97	1.97	0.0040	0.0040	0.0192
256.27	256.82	71.00	66	43.00	0.55	0.38	5.0000E-06		3188.53		159.43	1.97	0.0117	0.0117	0.0212

*Identifikasi dan Estimasi Kadar Mineralisasi U Secara Kuantitatif Berdasarkan Log Gross-Count Gamma Ray
di Sektor Lemajung, Kalimantan Barat
Oleh: Adi Gunawan Muhammad.*

Tabel 5. Hasil perhitungan % eU308 R05 (X: 600192; Y: 9924726; Z: 349,25 TD 301,25 m) kedalaman 263,24 – 297,61 m



Gambar 5. Respon log gross-count gamma ray terhadap mineralisasi U di lubang bor R-05 (LEML-40).

Secara regional sektor Lemajung di bagian tengah tersusun atas metalanau dan metapelit skistosan yang diapit batuan metapelit andalusit dan metapelit biotit yang bersifat masif di bagian selatan dan utaranya^[12]. Data permukaan didukung dengan data lubang bor R-05 (LEML-40) dan hasil identifikasi keberadaan mineralisasi U dari 14 data lubang pemboran yang lain (Gambar 6) menunjukkan bahwa mineralisasi uranium yang ada di sektor Lemajung terdapat pada batuan metalanau dan metapelit skistosan. Mineralisasi U tidak berkembang pada batuan metapelit biotit dan metapelit andalusit. Tidak berkembangnya mineralisasi U pada kedua litologi ini kemungkinan lebih disebabkan karena tidak berkembangnya frakturasi/ breksiasi, skistositas pada kedua batuan tersebut. Berkembangnya frakturasi/breksiasi, skistositas pada batuan sebagai akibat deformasi atau metamorfisme akan menghasilkan porositas dan permeabilitas sekunder, sehingga menghasilkan tempat atau perangkap untuk U bisa terakumulasi disamping pengaruh faktor lain seperti berkembang atau tidaknya kondisi reduksi, pH, temperatur, gradien kimia^[13]. Pada R-05 (LEML 38) mineralisasi U dijumpai pada metalanau yang memiliki porositas dan permeabilitas primer atau sekunder (frakturasi/breksiasi, skistositas) lebih baik jika dibandingkan dengan batuan metapelit biotit ataupun metapelit andalusit yang bersifat masif. Perbedaan karakter batuan tersebut disebabkan oleh perbedaan komposisi dan karakter batuan asal, yang berpengaruh terhadap sifat plastisitas batuan pada saat batuan terdeformasi atau mengalami proses metamorfisme.

Estimasi Kadar Mineralisasi U Secara Kuantitatif

Mengacu buku pedoman IAEA 1982: “*Borehole Logging for Uranium Exploration*” ada 2 metode yang dapat digunakan untuk analisa log *gamma* dalam rangka menentukan % eU_3O_8 yaitu menggunakan metode *tail factor* dan *total area*. Metode *tail factor* dalam menentukan kadar mineralisasi akan mengakibatkan suatu kesalahan ketika digunakan untuk zona mineralisasi yang tipis, terutama zona dengan kadar tinggi. Kesalahan disebabkan oleh tipisnya zona mineralisasi dan pemilihan titik E1 (titik setengah amplitudo bagian atas), sehingga untuk lapisan yang tipis menggunakan metode *total area*.

Berikut adalah contoh penghitungan pada R-05 (LEML-40) pada mineralasi U pada kedalaman *logging* 26,7 m – 26,91 m. Dari hasil penghitungan ketebalan menunjukkan ketebalan mineralisasi ini tipis atau kurang dari 1 m, sehingga digunakan metode *total area*. Tabel 6 adalah contoh perhitungan dalam rangka menentukan % eU_3O_8 menggunakan metode *total area*, dengan interval pengitungan 5 cm dan *deadtime* (τ) = $5,00 \times 10^{-06}$ detik. Apabila nilai *cps* yang terbaca dalam log adalah n, dan N adalah nilai terkoreksi, maka pada kedalaman 26,7 m – 26,91 m didapatkan data seperti pada Tabel 6.

Mengacu buku pedoman IAEA 1982^[4], maka luas area dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Area} &= \sum N \times \text{interval} \\ &= 5037,34 \text{cps} \times 0,05 \text{ m} \\ &= 251,87 \text{cps.m} \end{aligned}$$

Nilai proporsional untuk menentukan nilai akumulasi $G_y \times T$ disebut k-faktor dan diasumsikan dalam kondisi yang ideal^[8]. Dari penghitungan nilai k-faktor dalam suatu

model atau lubang bor standar yang telah diketahui faktor koreksi geometrinya sebesar 1,03 dengan kadar rata-rata 141,4 e ppmU \approx 0,01667 % eU3O8, nilai k-faktornya sebesar $3,72104 \times 10^{-05}$ % eU3O8/cps. Dalam penghitungan ini tetap harus diasumsikan bahwa uranium dan produk peluruhannya dalam kondisi setimbang dan prinsip dasarnya adalah $G_{\gamma}.T = k.A$ ^[11].

Tabel 6. Contoh Penghitungan $\sum N$ Di R-05 (LEML-40) dalam Rangka Menentukan Luas Area dengan Menggunakan Metode *Total Area*

No.	n (cps)	N = n/(1-nT) (cps)
1	305,8	306,25
2	353,6	354,20
3	493,3	494,55
4	834,6	838,06
5	1028,9	1034,20
6	785,5	788,60
7	532,9	534,36
8	368,2	368,83
9	317,8	318,29
$\sum N$		5037,34

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan $\sum A = 251,87$ cps-m, yang harus di koreksi dengan faktor koreksi yang ada (faktor koreksi *casing* pada kedalaman tersebut adalah 2,56) sehingga didapatkan area terkoreksi *casing* 644,78 cps-m. $\sum A$ yang terkoreksi tersebut dikalikan k-faktor yang akan menentukan hubungan antara kandungan U3O8 dan laju cacahnya (cps), sehingga hasilnya:

$$G_{\gamma}T \text{ rata-rata} = k.A$$

$$= 3,72104 \times 10^{-05} \% \text{ eU3O8/cps.} \times 644,78 \text{ cps.m}$$

$$= 0,0240 \% \text{ eU3O8.m}$$

Nilai ini harus dibagi dengan ketebalan mineralisasi dalam lubang pemboran, dalam hal ini 0,21 m, sehingga kadar rata-rata horison mineralisasi menggunakan metode *total area* ini adalah:

$$G_{\gamma}T \text{ rata-rata} = 0,0240 \% \text{ eU3O8 m} / 0,21 \text{ m}$$

$$= 0,1143 \% \text{ eU3O8}$$

Karena lapisan miring dan pemboran tidak tegak lurus mineralisasi, dan $M_w = L_B \times \sin [180 - (\alpha + \beta)] = L_B \times \sin (\alpha + \beta)$, maka dalam menentukan $G_{\gamma}T$ rata-rata terkoreksi prinsip dasar $G_{\gamma}.T = k.A$ menjadi:

$$G_{\gamma}.T = k.A \sin [180 - (\alpha + \beta)] \text{ atau}$$

$$G_{\gamma}.T = k.A(\sin (\alpha + \beta))$$

Sehingga,

$$G_{\gamma}T \text{ rata-rata terkoreksi}$$

$$= 3,72104 \times 10^{-05} \% \text{ eU3O8/cps} \times 251,87 \text{ cps.m}$$

$$\times \sin [180 - (\alpha + \beta)]$$

$$= 0,1143 \times \sin [180 - (70 + 66)] \% \text{ eU3O8. m}$$

$$= 0,1143 \times \sin [44] \% \text{ eU3O8. m}$$

$$= 0,0167 \% \text{ eU3O8. M}$$

Keterangan:

α : sudut inklinasi lubang pemboran pada perpotongan lubang bor dengan tubuh mineralisasi

β : sudut kemiringan tubuh mineralisasi.

Analisa log *gamma* dengan metode *tail-factor* digunakan untuk zona mineralisasi yang tebal. Dalam metode ini luas area bagian ekor atas dan bawah ditentukan dengan menggunakan suatu *tail-factor* empiris yang sebanding dengan interval yang digunakan. Dengan interval (i) 5 cm, maka dengan menggunakan rumus *tail-factor* $F_t = 1,38 \times (i / 0,5)$, didapatkan tail faktor untuk interval 5 cm sebesar 0,46. Contoh penghitungan menggunakan metode *tail factor* pada R-05 (LEML 38) ($\alpha = 70^0$) pada kedalaman mineralisasi 29,38 – 30,86 m (lihat Gambar 4), ketebalan 1,48 m dan *deadtime* $7,146 \times 10^{-7}$ detik. Apabila E1 merupakan titik setengah amplitudo bagian atas dan E2 merupakan nilai pada atau interval pertama dibawah batas anomali bagian bawah (setengah amplitudo bagian bawah), maka

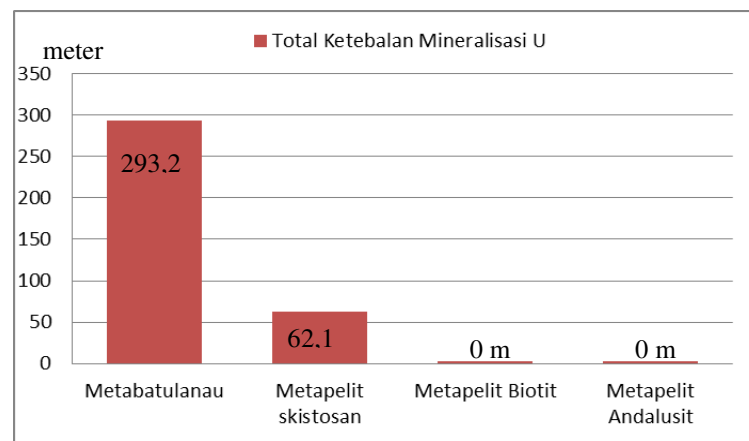
pada mineralisasi pada interval 29,38 – 30,86 m didapatkan data seperti pada Tabel 7.

Apabila nilai *cps* yang terbaca dalam log adalah *n*, dan *N* adalah nilai terkoreksi, maka dengan menggunakan metode *tail-factor* area anomali dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Area} &= ((\sum \text{ExFt}) + \sum N) \times \text{interval } \text{cps.meter} \\ &= ((\sum \text{ExFt}) + N_1 + N_2 + \dots + N_{30}) \times \text{interval} \\ &\text{cps.meter} \\ &= (1939,69 + 43609,43) \times 0,1 \text{ cps.meter} \end{aligned}$$

$$= 2224,5 \text{ cps.meter}$$

Langkah selanjutnya dalam menentukan $G_{\gamma T \text{ rata-rata}}$, $G_{\gamma \text{ rata-rata}}$ dan $G_{\gamma T \text{ rata-rata}}$ terkoreksi sama seperti dalam metode *total area*, sehingga didapatkan $G_{\gamma T \text{ rata-rata}} = 0,2119 \% \text{ eU}_3\text{O}_8 \cdot \text{m}$, $G_{\gamma \text{ rata-rata}} = 0,1432 \% \text{ eU}_3\text{O}_8$ dan $G_{\gamma T \text{ rata-rata}}$ terkoreksi = 0,1472 $\text{eU}_3\text{O}_8 \cdot \text{m}$. Cara yang sama, kemudian diterapkan pada anomali-anomali log sinar gamma yang lain, seperti terlihat pada Tabel 4, 5, dan 6.



Gambar 6. Grafik yang memperlihatkan total ketebalan mineralisasi U pada setiap jenis batuan yang dijumpai di daerah penelitian.

Tabel 7. Contoh Penghitungan $\sum N$ Di R-05 (LEML-40) dalam Rangka Menentukan Luas Area Menggunakan Metode *Tail-Factor*

No.	n (cps)	N = n/(1-nT) (cps)	No.	n (cps)	N = n/(1-nT) (cps)	No.	n (cps)	N = n/(1-nT) (cps)
E1	785	788,09	1	896,09	900,13	16	988,25	993,16
E2	1145	1151,59	2	1266,94	1275,02	17	1167,81	1174,67
ΣE		1939,69	3	1481,13	1492,18	18	1237,63	1245,34
			4	1573,31	1585,78	19	1349,88	1359,05
			5	1432,50	1442,83	20	1496,88	1508,17
			6	1209,00	1216,35	21	1856,63	1874,03
			7	1045,44	1050,93	22	2226,63	2251,70
			8	1024,94	1030,22	23	2472,13	2503,07
			9	1106,94	1113,10	24	2272,50	2298,62
			10	1195,00	1202,18	25	2081,50	2103,39
			11	1082,25	1088,14	26	2074,38	2096,12
			12	932,44	936,81	27	2288,63	2315,12
			13	897,34	901,39	28	2147,75	2171,06
			14	816,56	819,91	29	1549,50	1561,60
			15	889,78	893,76	30	1198,38	1205,60
						ΣN		43609,43

KESIMPULAN

Nilai k-faktor sebesar $3,72104 \times 10^{-05}$ $\% \text{ eU}_3\text{O}_8/\text{cps}$ diperoleh dari hasil perhitungan

nilai k-faktor pada lubang bor standar yang telah diketahui faktor koreksi geometrinya sebesar 1,03 dengan kadar rata-rata 141,4 e

ppmU \approx 0.01667 % eU₃O₈. Hasil estimasi kadar secara kuantitatif dengan menggunakan *log gross-count gamma ray* diketahui bahwa kadar eU₃O₈ (%) pada pemboran R-05 (LEML-40) berkisar antara 0,0079 – 0,7493 dan kadar eU₃O₈ (%) tertinggi dijumpai pada interval kedalaman 30,10 – 34,96 m. Mineralisasi U hadir sebagai isian fraktur (urat) atau sebagai isian matrik breksi tektonik pada metalanau dengan ketebalan 0,1 – 2,4 m berasosiasi dengan sulfida (pirit) dan kehadirannya dicirikan dengan Rasio U/Th yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. SOEPRAPTO T., “Prospek Pengembangan Cebakan Uranium di Kalan, Kalimantan”, Jurnal Nuklir Indonesia, Volume I, 1998.
2. SOEPRAPTO T., LILIK S., dan MANTO W., “Sintesis Geologi dan Mineralisasi Uranium Kalan dan Sekitarnya, Kalimantan Barat”, Laporan Internal PPGN-BATAN, 2006.
3. SUB. BID. EVALUASI CADANGAN, “Inventarisasi Potensi Sumberdaya Uranium di Lemajung, Kalan, Kalimantan Barat Tahapan Pemboran Evaluasi”, PPGN-BATAN, Jakarta, 2013.
4. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, “Borehole Logging for Uranium Exploration”, Technical Reports Series No. 212, Vienna, 1982.
5. SCOTT J.H., DODD, P.H., DROULLARD, R.F., and MUDRA, P.J., “Quantitative Interpretation of Gamma-Ray Logs”, Geophysics, 26, 182-191, 1961.
6. BELKNAP, W.B., DEWAN, J.T., KIRKPATRICK, C.V., MATT, W.E., PERSON, A.J., and ROBSON, W.R., “API Calibration Facility for Nuclear Logs”, American Petroleum Institute Proceedings, 289-317, 1959.
7. MUHAMMAD, A.G., “Study Of Uranium Presence Based On Gross-Count Gamma Ray Log In Lemajung Sector, Kalan, West Kalimantan”, Thesis, ITB, 2013.
8. WELLMER F.W., DALHEIMER M., and WAGNER M., “Economic Evaluations in Exploration”, 2nd edition, Springer, Berlin, 21-39, 2008.
9. BOWDEN R.A. and SHAW R.P., “The Kayelekera Uranium Deposit, Northern Malawi: Past Exploration Activities, Economic Geology and Decay Series Disequilibrium”, Applied Earth Science 2, 55-6, 2007.
10. GEORGE D.C., HEISTAND B.E., and KRABACHER J.E., “Grade Assignments for Models Used for Calibration of Gross-Count Gamma-Ray Logging System”, U.S Department of Energy, Assistant Secretary for Nuclear Energy, Grand Junction, Colorado, 1983.
11. LEHMAN B., “Uranium Ore Deposits”, Advanced Mining Solutions, Issue 2, 16-26, 2008.
12. MULJONO D.S., NGADENIN, WISONO, TRIHONO D., dan SUYADI, “Evaluasi Sumberdaya Bahan Galian Nuklir di Sektor Lemajung: Pendataan Mineralisasi Bawah Permukaan dan Pemetaan Struktur Geologi”, Laporan Internal PPBGN-BATAN, Tidak dipublikasikan, 2000.
13. SIMPSON P.R., PLANT J.A., WATSON J.V., GREEN P.M., and FOWLER M.B., “The Role of Metalliferous and Mineralised Uranium Granites in The Formation of Uranium Provinces”, Institute of Geological Sciences, London, 1982.